

Reflexiones sobre el papel de la Ingeniería Civil en la evolución del medio ambiente en Colombia

65

dossier

Civil Engineering and the Deterioration of the Environment in Colombia

Recibido 19 de octubre de 2007, aprobado 31 de octubre de 2007

Juan José Mariño

Ingeniero Civil. Especialista en Desarrollo. Gerente Técnico de INGETEC S. A. Bogotá D.C., Colombia.

jjmarino@ingetec.com.co ✉

PALABRAS CLAVES

Abastecimiento de agua/suministro de agua, carreteras, centrales hidroeléctricas, contaminación del agua, embalse, ética profesional, gestión ambiental, ingeniería civil, medio ambiente, minería, presas.

KEY WORDS

Water-supply, highways, hydroelectric stations, water-pollution, reservoirs, professional ethics, environment management, civil engineering, environment, mining, dams.

RESUMEN

Aunque el deterioro ambiental reciente de Colombia se explica, principalmente, por un fuerte incremento demográfico y económico en condiciones de bajísimo control estatal, la construcción de obras de infraestructura ha contribuido significativamente a este deterioro. En los últimos decenios ha avanzado la inclusión de consideraciones ambientales en los grandes proyectos de ingeniería. A futuro, queda para la profesión el reto de asumir, plenamente, una ética profesional que incorpore valores ambientales y que anteponga a los intereses particulares, los de la sociedad en general, incluidas las generaciones futuras.

ABSTRACT

The recent deterioration of the environment in Colombia is principally due to an accelerated demographic and economic growth with little State control. However, construction of infrastructure works has also significantly contributed to this situation. Environmental considerations have increasingly been taken into account in engineering projects in the last decades. It is up to the engineering profession to assume a set of values that will ensure environmental ethics which put the general interest and that of future generations before individual interests.

INTRODUCCIÓN

El estado de deterioro ambiental del planeta y las proyecciones sobre los impactos acumulativos futuros, han hecho del tema ambiental una de las principales preocupaciones actuales de la humanidad. En Colombia, el deterioro ambiental se aceleró fuertemente durante el último siglo, tanto en términos de la destrucción de bosques y coberturas vegetales naturales, como de la presión excesiva ejercida sobre la fauna, los suelos, las aguas, el aire.

Los usos actuales del territorio han implicado destruir del orden de 300000 km², es decir, cerca del 35% de los bosques naturales preexistentes. Posiblemente más de la mitad de esta destrucción se hizo en el último siglo, cuando fue especialmente intensa la actividad colonizadora. A pesar de los mecanismos actuales de control, la destrucción de bosques naturales sigue avanzando a tasas estimadas entre 500 y 1000 km²/año (860 km²/año comparando los datos del IDEAM para los años 1986 y 2001).

Respecto a la contaminación de aguas continentales, el incremento de las cargas vertidas sobrepasó la capacidad de asimilación de numerosos cuerpos de agua, especialmente de los receptores de grandes urbes como el caso del río Bogotá. Un indicador dramático del deterioro reciente de la oferta ambiental del país es la producción pesquera del río Magdalena que en los últimos 50 años disminuyó en más del 80% (de acuerdo con los datos del INPA, en 1978 se registró una producción pesquera de 63700 toneladas contra sólo 7580 toneladas en 1998).

Puesto que el deterioro reciente del medio ambiente ocurre simultáneamente con un fuerte incremento en el desarrollo de proyectos orientados a dotar al país de una infraestructura básica y a explotar sus recursos, es pertinente analizar cuál ha sido el papel de la ingeniería, especialmente de la ingeniería civil, en esta evolución. Tanto más que, si al ingeniero se le considera un aliado básico de la humanidad en la búsqueda de su bienestar y desarrollo económico, a menudo también se le ve como uno de los grandes

destructores ambientales: el casco blanco que con orgullo portan muchos de ellos, se asocia a los grandes equipos de construcción, capaces de transformar un rico paisaje en desierto en el término de horas.

Para el análisis, haré una breve discusión sobre las causas primarias del deterioro ambiental en Colombia, examinaré el comportamiento de algunos de los más importantes tipos de proyectos de ingeniería y, finalmente, plantearé algunas reflexiones respecto a los retos de la profesión.

CAUSAS PRIMARIAS DEL DETERIORO AMBIENTAL EN COLOMBIA

Las causas primarias del deterioro ambiental reciente del país tienen que ver fundamentalmente con el aceleradísimo aumento de la población y de la actividad productiva, en un contexto de bajísimo control estatal y civil, de carencia de políticas de poblamiento y ordenamiento territorial, de escasas normas ambientales y de falta de equidad social.

Durante el último siglo, la población colombiana se multiplicó por cerca de 10 y el PIB per cápita aumentó del orden de 8 veces. El incremento de población en las condiciones anotadas, incluyendo la existencia de grandes sectores marginados para quienes la apertura de tierras baldías fue una de las pocas estrategias disponibles de supervivencia, explica lo ocurrido en relación con la ocupación de nuevas áreas y la destrucción de su cobertura natural. Afortunadamente, buena parte de la población incremental se asentó alrededor de los principales núcleos urbanos (en el período, la población urbana pasó de representar un 30% a cerca del 75% de la población total) y el aumento del producto interno se realizó principalmente sobre la base de actividades más intensivas; de lo contrario, el deterioro ambiental hubiera sido mucho mayor.

Los mismos factores pueden explicar el incremento en la presión sobre los recursos naturales, la cual, en vastas zonas del territorio nacional, hoy sobrepasa la capacidad de carga de los ecosistemas. Éste es el

caso del recurso pesquero del río Magdalena, donde la dramática reducción de productividad anotada puede explicarse por un aumento exagerado en la presión pesquera, la desecación y ocupación de ciénagas y zonas inundables que formaban parte del ecosistema acuático, y el deterioro de la calidad del agua como resultado de los vertimientos de contaminantes generados por el aumento de población y de actividades productivas en la cuenca.

PAPEL GENERAL DE LA INGENIERÍA EN EL ÚLTIMO SIGLO

¿Cuál fue entonces el papel de la ingeniería en las circunstancias de un acelerado crecimiento poblacional y económico? El papel principal de la ingeniería fue atender las necesidades básicas de la población creciente y posibilitarle el disfrute de una serie de servicios y de comodidades acordes con los avances y paradigmas de la modernidad, y crear las condiciones de infraestructura que permitieron el desarrollo de las actividades productivas y el crecimiento económico. Resolver los problemas físicos relacionados con la satisfacción de las demandas de agua, drenaje, vivienda, comunicaciones, energía, a partir de los recursos naturales renovables y no renovables del país, lo cual implicó, a menudo, conquistar e invadir territorios que se sustrajeron a los ecosistemas y defender las áreas sustraídas contra los ataques naturales, como en el caso de las defensas contra inundaciones.

Tradicionalmente, la concepción, diseño y construcción de obras de infraestructura en el país, fueron confiados a firmas de ingeniería de origen extranjero o local, las cuales no utilizaron los servicios de profesionales de las ciencias ambientales y sociales, o sólo lo hicieron muy puntualmente. Se sostenía que los tres pilares básicos de un proyecto de ingeniería eran la topografía, la geología y la hidrología; las demás condiciones ambientales, incluyendo las condiciones sociales, no eran elementos básicos que debían tenerse en cuenta para el diseño de los proyectos. Es alrededor de 1970 que esta situación empieza a cambiar, inicial-

mente con las débiles exigencias que en ese entonces hizo el Banco Mundial y, posteriormente, por el avance en la conciencia y la normatividad ambiental del país, marcado principalmente por el Código de Recursos Naturales Renovables y del Medio Ambiente de 1974, la Constitución Política de 1991 y la Ley 99 de 1993 que creó el Ministerio del Medio Ambiente.

Hoy en día, los proyectos de ingeniería deben cumplir una normatividad ambiental que, en términos internacionales, es relativamente exigente y que incluye la obligación de realizar, previa su ejecución, análisis ambientales para seleccionar la mejor alternativa. Para esta alternativa deben realizarse estudios de impacto ambiental y planes de manejo, validados mediante procesos de información y participación ciudadana.

LAS CARRETERAS

Entre las obras construidas en el último siglo, talvez a las que más se responsabiliza de haber contribuido grandemente al deterioro ambiental del país fue a la construcción de la red de carreteras que hoy comunican parte del territorio y que, a menudo, constituyeron nuevos e incontrolados frentes de deforestación y colonización. Se trata de cerca de 45000 km de carreteras, construidas principalmente en los últimos 80 años. No obstante, lo que estuvo a la base de la construcción de la mayor parte de éstas fue la existencia previa de comunidades aisladas, asentadas y enraizadas en los más diversos parajes de la geografía nacional y que legítimamente aspiraban a gozar de acceso y comunicación vehicular. Por lo cual, puede decirse que lo que en muchos casos falló no fue el trazado y construcción de las carreteras sino la capacidad del Estado de ordenar y controlar racionalmente el uso del territorio y de proteger numerosas zonas cuya vocación y uso estratégico era la conservación de su estado natural.

Son pocas las carreteras cuya construcción hubiera podido evitarse y, de los corredores escogidos para su trazado, son pocos los que no tienen justificación desde el punto de vista de ser la única alternativa

técnica y económicamente viable, o la menos peor. Aunque en la mayor parte de las vías, los impactos ambientales generados durante la construcción fueron de mucho menor importancia que los generados por la dinámica socio-económica que desató su puesta en servicio, es indudable que, en el pasado, tanto el diseño como la construcción de las carreteras fueron ambientalmente muy, o totalmente, descuidados. La orientación que primó en éstas, al igual que en la mayor parte de los proyectos de ingeniería, fue la de reducir los costos directos de inversión y, después, los costos de operación y mantenimiento; pero sin tener para nada en cuenta los impactos ambientales generados ni los costos económicos asociados a dichos impactos, los cuales, en general, no fueron asumidos por los ejecutores de los proyectos sino directamente por las personas y comunidades afectadas.

Usualmente, las condiciones ambientales se tuvieron en cuenta sólo cuando representaban una amenaza para el proyecto y comprometían directamente su realización y funcionamiento. Es así como, normalmente, sólo se consideraron los factores físicos que se requería afrontar, relacionados con la topografía, la geología y la hidrología. Los puentes se hicieron suficientemente altos y largos para que pudieran pasar

las crecientes, sin afectar el tránsito y sin tumbarlos; al dimensionarlos, no se tuvo en cuenta que, si eran insuficientes, se podía afectar el funcionamiento y la dinámica natural de las corrientes atravesadas.

Un caso patético es el de la carretera Santa Marta-Ciénaga-Barranquilla, construida hace cerca de 40 años, donde, por la interrupción del drenaje transversal, se afectaron los intercambios naturales de agua entre la Ciénaga Grande de Santa Marta y el Mar Caribe, y se impactó gravemente el ecosistema de manglar existente entre estos dos cuerpos de agua, causando su muerte sobre grandes extensiones (Figura 1). Éste fue uno de los casos que, por su resonancia, influyó en los avances posteriores que tuvo el tratamiento ambiental de los proyectos de ingeniería. Sin embargo y a pesar de la desastrosa experiencia, unos 20 años más tarde se construyó la carretera Barranquilla-Salamina, sobre un terraplén que eliminó los flujos de agua dulce del río Magdalena hacia la ciénaga; lo cual afectó seriamente a las poblaciones de peces, ostras y camarones, y al poco manglar aún sobreviviente.

No obstante, la práctica reciente ha venido incorporando avances substanciales en el tratamiento ambiental de los proyectos viales: entre los más impor-



Figura 1. Muerte del manglar a lo largo de la carretera Santa Marta - Ciénaga - Barranquilla.

tantes están la optimización de los trazados, realizada a través del denominado “diagnóstico ambiental de alternativas”, y los manejos durante construcción, entre los que se destaca, por el esfuerzo implicado y el beneficio ambiental, la adecuada disposición de materiales sobrantes que en el pasado se botaron directamente al lado de la explanación, con enormes impactos físicos, bióticos y sociales.

HIDROELECTRICIDAD

Otra de las actividades principales de la ingeniería colombiana, especialmente de los últimos 50 años, ha estado relacionada con el diseño y construcción de centrales hidroeléctricas, para las cuales el país, por su relieve y pluviosidad, cuenta con un potencial excepcionalmente alto. La capacidad hidroeléctrica actualmente instalada equivale al 67% de la capacidad de generación eléctrica del país, y con ella se genera en promedio un 80% de la energía eléctrica consumida.

Como su funcionamiento depende directamente de la conservación de los recursos hídricos, este tipo de proyectos, al igual que los relacionados con sistemas de abastecimiento de agua, tradicionalmente se ha preocupado por realizar inversiones y manejos ambientales para proteger las cuencas aportantes. Además, para viabilizar su ejecución frente a los municipios y comunidades de las zonas de obras, también se ha acompañado de inversiones orientadas a manejar los impactos negativos, ambientales y sociales, generados en dichas zonas. Difieren así de los primeros proyectos viales que, por traer el beneficio de la comunicación, fueron mucho menos exigidos, respecto al manejo de este tipo de impactos. La preocupación de las hidroeléctricas respecto a los impactos causados aguas abajo de los aprovechamientos, ha sido tradicionalmente escasa, al igual que en el caso de los sistemas de abastecimiento de agua.

El diseño y construcción de la mayor parte de las centrales hidroeléctricas actuales se realizó después de 1970, simultáneamente con el avance registrado en la conciencia y la normatividad ambiental. Lo ante-

rior, sumado a la presión internacional y gracias a la buena organización y capacidad de gestión del sector eléctrico, explica que el tratamiento ambiental de las hidroeléctricas estudiadas y construidas en este período, también verificó avances importantes.

Más del 95% de la capacidad hidroeléctrica instalada en Colombia está constituida por centrales con embalses de cabecera, sobre cuya conveniencia general se ha asistido, en los últimos 20 años, a una gran polémica mundial: en efecto, si la construcción de represas es a menudo esencial para el aprovechamiento energético de los ríos, así como para atender las demandas de agua en zonas donde la oferta natural de época seca es insuficiente, también es cierto que en numerosos casos su construcción no ha generado los beneficios y la rentabilidad esperados y, por el contrario, ha causado el desplazamiento y empobrecimiento de numerosas personas, el daño de importantes ecosistemas, la afectación de la vida y productividad acuática y una inequitativa distribución de sus costos y beneficios. Desafortunadamente la polémica sobre los embalses, al igual que las discusiones sobre la realidad del calentamiento global del planeta, ha sido manipulada por intereses no declarados que se beneficiarían si no se desarrolla el potencial hidroeléctrico o si se mantienen dudas sobre el fenómeno del calentamiento global.

Un problema de la discusión sobre los embalses es la tendencia a generalizar cuando, desde todo punto de vista, son muy variadas las circunstancias y las formas en las que se puede realizar este tipo de proyectos. También hay que tener presente que es muy desigual el grado de utilización de los recursos hídricos al que se ha llegado en las distintas regiones del mundo: si en los Estados Unidos, por ejemplo, se han construido cerca de 68 represas por cada cien mil kilómetros cuadrados de territorio y cerca de 24 por cada millón de habitantes, en Colombia se tienen menos de 5 represas por cada cien mil kilómetros cuadrados y menos de 2 por cada millón de habitantes. En estas circunstancias, no es raro que en los Estados Unidos se estén desmantelando algunas de las represas exis-

tentes, mientras en países rezagados y con numerosos problemas básicos por resolver se esté promoviendo la construcción de nuevos embalses.

Recientemente, se ha desvanecido la oposición a tomar en serio el fenómeno del calentamiento global y también ha cedido un poco la polémica sobre la conveniencia de nuevos embalses. Quedan, sin embargo, importantes reflexiones sobre las experiencias pasadas que permiten mejorar el manejo ambiental futuro de los embalses. La Comisión Mundial de Represas (WCD) que, con el auspicio del Banco Mundial y la Unión Mundial para la Naturaleza (IUCN), tuvo a su cargo el análisis crítico de este tipo de proyectos, en su informe del año 2000 conceptúa que es necesario que hacia adelante las decisiones sobre ejecución de nuevas represas, al igual que las relacionadas con otros proyectos de desarrollo, se tomen dentro de un contexto de pleno conocimiento y comprensión de los beneficios e impactos, con base en principios básicos de equidad, eficiencia, participación, sostenibilidad y responsabilidad, y buscando acuerdos claros respecto a los objetivos, las metas y las medidas de manejo requeridas.

MINERÍA

La calidad de la ingeniería y de la gestión ambiental desarrolladas en la actividad minera es mucho menos homogénea que en el caso de los proyectos del sector eléctrico, debido a la heterogeneidad de las empresas mineras en cuanto a su tamaño, organización, tradición y cultura ambiental. Existe una gran cantidad de explotaciones mineras de subsistencia y de explotaciones de mediana minería que operan sin mínimas prácticas ambientales y escasamente utilizan servicios de ingeniería. En la gran minería es claro que, en la medida que la normatividad y el control ambiental han venido tomando fuerza en el país, se ha tendido hacia una mejora y homogenización de la calidad en el manejo ambiental de la actividad. Un factor que puede ser muy importante hacia el futuro es la participación en la minería colombiana de grandes empresas muy

evolucionadas en su conciencia y gestión ambiental, gracias a su trajín a lo largo y ancho del mundo y a que su operación está vigilada de cerca, en sus países de origen, por organizaciones ambientalistas fuertes y sociedades muy sensibles al tema.

SUMINISTRO DE AGUA Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES: EL CASO DE LA SABANA DE BOGOTÁ

SUMINISTRO DE AGUA

Un interesante ejemplo de los logros y limitaciones de la ingeniería, relacionados con el desarrollo de las grandes urbes del país, es el caso de la Sabana de Bogotá donde, en un altiplano que representa el 0,4% del territorio nacional, acabó asentándose cerca del 20% de la población colombiana. Uno de los retos principales que se enfrentaron fue el relacionado con el suministro de agua. Las estrategias básicas adoptadas fueron la construcción de embalses, para regular el escaso recurso hídrico propio de la cuenca alta del río Bogotá, y la captación, regulación y trasvase por gravedad de la esorrentía del alto río Guatiquía, que nace en el Macizo de Chingaza en la vertiente del Orinoco (Figura 2).

Los embalses construidos en el sistema, constituyen elementos esenciales para atender las demandas de agua en la planicie, lo cual mantiene caudales aceptables a lo largo del río Bogotá. Estos embalses, con un espejo de agua equivalente a menos del 2% del área de las cuencas aprovechadas, permiten aumentar más de 10 veces la oferta hídrica natural de época seca: de cerca de 2 m³/s a cerca de 25 m³/s.

Los caudales utilizados en la Sabana de Bogotá son recogidos en el punto de desagüe del altiplano para su aprovechamiento hidroeléctrico en un sistema que utiliza 1900 metros de caída, hasta el bajo río Bogotá, proveyendo un 30% de la energía eléctrica consumida en el altiplano.

El aprovechamiento de Chingaza se destaca tanto por las grandes dificultades técnicas que su construcción



Existe una discusión sobre el criterio de utilización de los recursos naturales renovables en aprovechamientos como el de Chingaza. En efecto, tradicionalmente las decisiones se tomaron sobre la base de la economía interna del proyecto, despreciando muchos de los impactos ambientales causados, especialmente los denominados indirectos, generados sobre los ecosistemas y sus poblaciones usuarias. En estas condiciones, los proyectos tendieron a maximizar el aprovechamiento, es decir, a arrasar con los recursos naturales que la infraestructura del proyecto tornaba accesibles, sin tener para nada en cuenta que, al sobrepasarse ciertos umbrales de utilización, se estaba poniendo en pe-

La consideración de la realidad ecosistémica en las decisiones sobre proyectos de desarrollo es compleja porque implica el entendimiento básico de los ecosistemas y decisiones globales respecto al ordenamiento y uso del territorio y de sus recursos naturales. Evitando afrontar esta complejidad, hoy en día se tiende a tomar decisiones directamente al nivel puntual de cada proyecto y a sobre-simplificar la definición de los umbrales ecológicos, haciendo generalizaciones que pueden ser contraproducentes tanto desde el punto de vista ambiental como de la economía propia de los proyectos. Es fundamental avanzar en el planeamiento general y ordenamiento del uso del territorio y sus recursos, para asegurar que los modelos y alternativas de desarrollo que se adopten sean ambientalmente eficientes y sostenibles. Además, es conveniente particularizar las decisiones sobre los umbrales ecológicos que deban respetar los proyectos y, en lo posible, no realizar estos análisis para proyectos individuales sino para el conjunto de proyectos que satisface una misma demanda o un mismo objetivo socio-económico. Este tipo de análisis permitiría verificar, por ejemplo, si desde el punto de vista ambiental es mejor construir un solo proyecto Chingaza como el actual, que utilice un alto porcentaje del caudal de la fuente interceptada, o alternativamente construir dos proyectos semejantes, con toda la infraestructura asociada, pero que sólo extraigan la mitad del caudal natural de las fuentes.

Hay quienes piensan que al haber solucionado el suministro de agua en la Sabana de Bogotá se fomentó un aumento poblacional ambientalmente indeseable en la región. Pero acaso, ¿hubiera sido razonable tratar de frenar el crecimiento poblacional de Bogotá y los municipios aledaños, racionando los servicios y propiciando el deterioro ambiental local? Tanto más que actualmente, desde el punto de vista de la ingeniería, parece posible solucionar los problemas ambientales básicos remanentes en Bogotá y la Sabana, y

realizar un manejo aceptable de los impactos generados al interior de la cuenca y por fuera de ella.

DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Si puede hablarse de un manejo exitoso de los problemas de abastecimiento de agua en la Sabana de Bogotá, se ha fallado gravemente en la solución de los problemas ambientales generados por el vertimiento directo de aguas residuales al río Bogotá. Aunque se dan explicaciones relacionadas con limitaciones de capacidad económica, no existen excusas válidas para haber dejado incrementar el problema sanitario y ambiental al nivel al que llegó, lo cual implicó un enorme deterioro y grandes perjuicios y costos a las personas y ecosistemas situados a lo largo de los cauces naturales, en la Sabana y hacia aguas abajo.

Es paradójico que, siendo los recursos económicos escasos, la primera gran inversión que acomete la ciudad de Bogotá directamente orientada a solucionar el problema sea la planta de tratamiento de aguas residuales del Salitre, cuya operación ha tenido tan bajos beneficios ambientales; ya que, por la baja calidad del efluente, no es posible su uso directo y tampoco se mejoró el uso potencial del río aguas abajo del punto de vertimiento.

Hoy en día se proyecta invertir una suma adicional importante para ampliar y optimizar la planta del Salitre, con miras a tratar todas las aguas residuales que llegan a este sitio a un nivel que permita su uso agropecuario y alcanzar objetivos aceptables de calidad en el tramo subsiguiente del río. La nueva inversión se inscribirá dentro de un plan integrado para solucionar, en el mediano plazo, el saneamiento básico del río, con la inclusión de obras para interceptar, conducir y tratar las aguas residuales correspondientes a los demás sectores de la ciudad.

RETOS FUTUROS DE LA PROFESIÓN

Después de este breve repaso de la gestión ambiental en algunas obras de ingeniería, conviene preguntarse ¿cuáles son los más importantes retos profesionales

para el ejercicio ambientalmente responsable de la ingeniería en el futuro? En mi concepto, el principal reto es ético: asumir plenamente una ética profesional que incorpore valores ambientales, anteponiendo a los intereses particulares y sectoriales los intereses de la sociedad en general, incluyendo las generaciones actuales y futuras.

En la sociedad actual hay confusión en el sistema de valores: se exalta tanto la capacidad de los individuos de velar y propender por sus propios intereses que, a menudo, se considera legítimo que estos intereses se tengan en cuenta e influyan en los conceptos profesionales. Hay errores en el planeamiento y las decisiones que se cometen de buena fe; pero también, con frecuencia, se quebranta la ética profesional y se utiliza el discurso técnico especializado para favorecer los intereses propios, sustentando recomendaciones y decisiones que son contrarias al interés público y al de las entidades contratantes.

Asumir una ética ambiental implica velar por que las obras que proyectemos y construyamos no comprometan la sostenibilidad del medio ambiente y su biodiversidad, que estén integralmente optimizadas y que cuenten con análisis responsables respecto a los impactos directos e indirectos que puedan generar y a los manejos ambientales requeridos. El cumplimiento de este deber ético implica que los proyectos y sus estudios estén validados no solamente desde el punto de vista científico sino también desde el punto de vista de la sociedad, para lo cual es necesario posibilitar la participación abierta y amplia de todas las personas y grupos sociales interesados.

En el caso colombiano, este deber general es especialmente complejo e interesante, debido a la fascinante diversidad ambiental, biótica, étnica y cultural del territorio, y a la fragilidad de los ecosistemas que la sustentan.

La necesidad de analizar y optimizar los proyectos en este contexto y desde una óptica integral, plantean el reto de trabajar en equipos multidisciplinarios en los cuales cada profesional, desde el campo de su espe-

cialidad, se responsabilice de su aporte particular y también de la calidad integral del proyecto. Pero esto sólo se logra si tanto los ingenieros como los demás profesionales han sido formados para valorar la calidad integral de un proyecto y entender la importancia de los elementos que se busca proteger y de los aportes de las distintas disciplinas. Ésta es una responsabilidad y un reto que deben asumir, individualmente, los profesionales y las diferentes instancias de educación y formación.



BIBLIOGRAFÍA

Ministerio de Minas y Energía.

Evaluación ambiental sectorial: Sector eléctrico Colombiano. Informe final. Colombia: Ministerio de Minas y Energía, ISA Interconexión Eléctrica S.A., 1994

M. Palacios y F. Safford.

Colombia: País fragmentado, sociedad dividida. Su historia. Bogotá D.C.: Norma S.A., 2002.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM.

Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia. Colombia: IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2004.

B. S. Kerman, C. Monje y P. von Hildebran.

Report on tropical forests and biological diversity. Bogotá D.C.: USAID Colombia 2006.

World Commission On Dams.

Represas y desarrollo: un nuevo marco para la toma de decisiones. El reporte final de la Comisión Mundial de Presas. Londres: Earthscan Publications Ltd. 2000. Disponible en: < <http://www.dams.org/report/> >